



Marianna Meriläinen

## **REIKÄKIERTO BETONIRAKENTEISISSA UUDISKOHTEISSA**

# **REIKÄKIERTO BETONIRAKENTEISISSA UUDISKOHTEISSA**

Marianna Meriläinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennesuunnittelu

---

Tekijä: Marianna Meriläinen  
Opinnäytetyön nimi: Reikäkierto betonirakenteisissa uudiskohteissa  
Työn ohjaaja: Antti Ukonmaanaho  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018  
Sivumäärä: 28 + 3 liitettä

---

Reikäkiertoprosessissa suunnitellaan rakennukseen tai elementtiin eri suunnittelualojen tarvitsemat läpiviennit niin, että kaikkien reikävaraukset ovat yhteensopivia keskenään. Reikäsuunnittelua tarvitaan, jotta talotekniset läpiviennit, kuten lämpö- ja sähkökaapelit, saadaan suunniteltua rakennukseen niin, ettei niissä ole päällekkäisyyksiä keskenään. Opinnäytetyössä keskityttiin pääasiassa betonielementtien reikäsuunnitteluun uudiskoh-teissa.

Opinnäytetyössä perehdyttiin reikäkiertoprosessiin ja sen kehittämiseen. Työssä laaditiin tilaajayrityksen, Ramboll Finland Oy:n sisäiseen käyttöön tarkoitettu talotekniikka-suunnittelijoita auttava suunnitteluohje, joka sisältää yleisimmin käytettyjen betoniraken-teiden rei'itysohjeet. Rei'itysohjeet ovat pääasiassa ainoastaan suosituksia, sillä yleispä-teviä ohjeita on mahdotonta antaa, koska rakenteita tulee tarkastella tapauskohtaisesti. Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella reikäkiertoprosessin ongelmakohtia ja pohtia niihin toimivia ratkaisukeinoja.

Reikäkiertoprosessin kehittämisen apuna käytettiin alan asiantuntijoiden haastatteluja sekä aiheeseen liittyvää materiaalia. Reikäkiertoprosessia tarkasteltiin sekä talotekniik-kasuunnittelijoiden että rakennesuunnittelijoiden näkökulmasta.

Suurimmiksi ongelmiksi Ramboll Finland Oy:ssä tapahtuvassa reikäkiertoprosessissa havaittiin suunnittelualojen välinen kommunikoinnin heikkous ja kehnot viestintäkeinova-linnat. Jotta reikäkierrosta saataisiin toimiva prosessi, tulisi suunnittelualojen välistä kommunikointia parantaa esimerkiksi pitämällä useammin palavereita ja tekemällä vai-heittaisia tarkasteluja reikäkierron etenemisestä. Jatkokehitystarpeiksi ilmenivät palokat-kosuunnittelun vaikutuksen tarkastelu reikäkierron yhteydessä sekä reikien aiheuttama välipohjien halkeilun hallinnoiminen. Lisäksi reikäkiertoprosessin aikataulutukseen tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

---

Asiasanat: reikäkierto, suunnittelu, betonirakenne

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, Structural Engineering

---

Author: Marianna Meriläinen

Title of thesis: Hole Reservation in New Buildings with Concrete Structures

Supervisor: Antti Ukonmaanaho

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 28 + 3 appendices

---

The Bachelor's thesis was commissioned by Ramboll Finland Oy. The objective of the thesis was to make the hole reservation process easier to complete. The main goal of the thesis was to get to know the problems of the hole reservation process and create solutions for them. An instruction for dimensioning holes to commonly used concrete structures was part of the thesis. The instruction was made mainly for HVAC engineers.

The research methods that were used in this thesis were engineers' interviews and materials that were found in the internet and in literature. Hole reservation was examined from the points of view of both HVAC engineers and structural engineers.

One of the biggest problems in hole reservation process is weak communication between the designers. The easiest way to prevent this weak communication is to schedule more meetings and check hole reservations in smaller sections. Furthermore, scheduling the hole reservation process should be more focused in the future. Need of further developments were found while producing the thesis. The major topics of further developments were process scheduling, fire seal planning and cracking control of intermediate floors. In this thesis fire seal planning has not been taken into account.

---

Keywords: hole reservation, design, concrete structure

## **ALKUSANAT**

Opinnäytetyö toteutettiin Ramboll Finland Oy:n kanssa. Työn ohjaajina ovat Oulun ammattikorkeakoulun puolesta Antti Ukonmaanaho sekä toimeksiantajan puolesta Mika Yli-Sikkilä. Opinnäytetyöprosessissa alusta saakka mukana on olleet myös Katja Romppainen ja Miikael Nelimarkka.

Haluan kiittää yllä mainittujen henkilöiden lisäksi Ramboll Finland Oy:tä suuresta tuesta ja avusta opinnäytetyöhöni liittyen. Lisäksi kiitokset myös haastatelluille henkilöille.

Oulussa 3.5.2018

Marianna Meriläinen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
2 REIKÄKIERRON PERIAATTEET	9
3 REIKIEN SUOSITELTU SIJOITTAMINEN JA MITOITTAMINEN	11
3.1 Vaakarakenteet	11
3.1.1 Palkit	11
3.1.2 Massiivilaatat	13
3.1.3 Ontelolaatat	13
3.2 Pystyrakenteet	18
3.2.1 Seinät	18
3.2.2 Pilarit	18
4 REIKÄKIERTOPROSESSI	20
4.1 Reikäkiertoprosessin kuvaus	20
4.2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012	21
5 REIKÄKIERTOPROSESSIN KEHITYSTARPEET JA -IDEAT	22
5.1 Viestintä ja yhteistyö	22
5.2 Aikataulutus	23
5.3 Ohjelmistojen kehittäminen	24
6 POHDINTA	25
LÄHTEET	26
LIITTEET	
Liite 1 Haastattelukysymykset talotekniikkasuunnittelijoille	
Liite 2 YTV 2012 -ohjeistuksen reikäpiirustusten tekoprosessin vaihtoehdot	
Liite 3 Betonirakenteiden rei'itysohje talotekniikkasuunnittelijoille (ei julkinen)	

# 1 JOHDANTO

Reikäkierto tarkoittaa reikävaraussuunnitteluprosessia, jossa eri suunnittelualojen läpivientireiät sovitetaan yhteen niin, että kaikkien vaatimukset reikävarauksista on otettu huomioon. Talotekniikkasuunnittelijat tekevät reikävarauksia, jotka kuvaavat läpivientireikien tarpeita rakenteissa. Reikäkierron kehittäminen on aina ajankohtainen asia, sillä reikäkiertoon kuuluu monia osatekijöitä, minkä vuoksi erilaisilta ongelmakohdilta on mahdollonta välttyä. Reikäkiertoprosessia on saatu modernisoitua tietomallipohjaisella suunnittelulla, mutta siinä on edelleen paljon korjailtavaa. Opinnäytetyössä keskitytään betonielementtien reikäsuunnitteluun.

Reikäsuunnittelun yhteydessä on havaittu, että LVI- ja sähkösuunnittelijoilla ei ole riittävästi tarvittavaa tietoa sellaisista rakenteellisista asioista, että he osaisivat välttää vaaralliset paikat rei'ille betonirakenteissa. Suunnittelijoiden välinen reikäkierron kulku on näin ollen hieman katkonaista ja suunnitelmien yhteensovittaminen vie ylimääräistä aikaa. Ohjeita reikäkiertoon talotekniikkasuunnittelijat saavat reikäkierron alkuvaiheessa ja tällä hetkellä ohjeista löytyy ainoastaan piirtämiseen liittyvää teknistä informaatiota. Lisäksi talotekniikkasuunnittelijat ovat havainneet vaikeaksi elementtien lukusuunnan hahmottamisen. Näiden syiden takia reikävaraussuunnittelun tukena toimiva ohje koetaan tarpeelliseksi erityisesti LVI-suunnittelijoille. (1.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä talotekniikkasuunnittelijoille selkeä betonirakenteiden rei'itysohje, josta käyvät ilmi reikien periaatteellinen sijoittaminen erilaisissa rakenteissa sekä tiettyjen elementtien tarkastelusuunnat. Tavoitteena on lisäksi saada tietoa reikäkiertoprosessin kehitystarpeista ja pohtia niihin ratkaisukeinoja muun muassa asiantuntijoiden haastatteluja apuna käyttäen. Monipuolisella tarkastelulla reikäkiertoa saadaan kehitettyä niin, että prosessin eteneminen sujuu jouhevammin ja siihen on mieluisampi osallistua. Opinnäytetyö toteutetaan pääasiassa Ramboll Finland Oy:n sisäiseen käyttöön.

Opinnäytetyön tuloksena saatava suunnitteluohje keskittyy betonirakenteiden reikien sijoittamiseen niin, että lopputulos olisi mahdollisimman kestävä, mutta myös mahdollisimman taloudellinen. Ohjeesta on tarkoitus tehdä helposti saatavilla oleva selkeä tuotos,

jolla yksinkertaistetaan erityisesti talotekniikkasuunnittelijoiden työtä. Ohje ei tule sisältää teknisiä piirtämisohjeita tai merkintätapoja rei'ille, sillä sellainen ohje on jo olemassa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Ramboll Finland Oy. Ramboll on kansainvälinen konserni, joka tarjoaa suunnittelu- ja konsultointitoimintaa. Vuonna 1945 perustettu yhtiö työllistää maailmanlaajuisesti 13 000 ammattilaista, ja Suomessa heistä toimii 2 300 henkilöä. Ramboll keskittyy infrastruktuurin, rakennusten ja ympäristön suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon, rakennuttamiseen sekä johdon konsultointiin liittyviin asiantuntijapalveluihin. (2.)



## 2 REIKÄKIERRON PERIAATTEET

Reikäkierto tarkoittaa reikävaraussuunnitteluprosessia, jossa eri alojen suunnittelijat esittävät omat vaatimuksensa kohteeseen tarvittaville läpivientirei'ille, minkä avulla rakenne-suunnittelija tekee lopullisen reikäpiirustuksen. Reikäkiertoprosessiin osallistuu pääasiassa arkkitehti, rakenne-, sähkö- sekä LVI-suunnittelija, mutta siihen saattaa osallistua joissakin tapauksissa myös sprinklerisuunnittelija. Lisäksi palokatkosuunnittelijan osallistuminen reikäkiertoon olisi hyödyllistä. (3, s.3-4; 4; 5; 6; 7; 14.)

Jotta reikäkierto onnistuisi, tulee suunnittelijoilla olla tuntemusta betonielementtien valmistustekniikasta sekä niiden toiminnasta. Koko prosessin tavoitteena on saada tarvittavat läpiviennit ja varaukset toteutettua niin, että rakenteiden toiminta ei kärsisi ja että kokonaisuus olisi mahdollisimman taloudellinen. Lisäksi arkkitehdin luomat vaatimukset tulisi huomioida reikäpiirustuksia tehtäessä. (3, s.3-4; 4; 5; 6; 7; 14.)

Reikäkiertoprosessi aloitetaan toteutussuunnitteluvaiheessa, mutta LVI-järjestelmien suurimpien läpivientien tulisi olla tiedossa jo ehdotussuunnitteluvaiheessa, jotta suuria yllätyksiä ei ilmaantuisi toteutussuunnitteluvaiheessa. Rakennesuunnittelija valvoo reikäsuunnitteluprosessia ja varmistaa, että reikävarausehdotusten teko on rakenteellisesti mahdollista kyseessä olevaan kohteeseen. Rakennesuunnittelijan tulee saada viimeistelty reikävaraukset mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, sillä elementtisuunnittelija tarvitsee reikäkoordinaatit hyvissä ajoin ennen elementtien valmistusprosessia. (8, s.7-9; 9, s. 11, s. 17-18.)

Reikäsuunnittelun tekotapoja on monia, minkä vuoksi eri projekteissa menetelmät voivat olla erilaiset. Siksi vastuut täytyy sopia projektikohtaisesti mukana olevien suunnittelualojen kesken. Reikäkierron voi toteuttaa perinteisellä 2D-piirustuksiin perustuvalla perinteisellä reikäsuunnittelulla tai tietomallipohjaisella reikäsuunnittelulla. Reikäkierron yhteydessä täytetään reikäkiertotaulukko, johon kukin suunnittelija merkitsee, milloin he ovat vastaanottaneet sekä lähettäneet reikäpiirustukset seuraavalle suunnittelualalle. (Taulukko 1.) (3, s.3-4; 16, s.15-16.)

**TAULUKKO 1. Reikäkiertotaulukko**

KIERTOJÄRJESTYS	SAAPUMIS- PÄIVÄ	LÄHETYS- PÄIVÄ	ALLEKIRJOITUS	YRITYKSEN NIMI
RAKENNESUUNN.				
LVI-SUUNN.				
SÄHKÖSUUNN.				
RAKENNESUUNN.				
REIKÄPIIRUSTUKSET PALAUTETAAN RAMBOLL FINLAND OY:N				

### **3 REIKIEN SUOSITELTU SJOITTAMINEN JA MITOITTAMINEN**

Rakenteen kantokykyyn vaikuttavat reikien lukumäärä, koko, muoto ja sijainti. Reikäsuunnittelussa olisi suotavaa käyttää pyöreitä reikiä, sillä suorakaiteen muotoiset reiät aiheuttavat rakenteelle suuremman riskin halkeiluun. Betoniteollisuus ry on luonut selkeät ohjeet rakenteiden reikien suunnittelulle. (3, s. 4-5; 14.)

Luvussa esitetään yleisimmin käytettyjen betonirakenteiden reikien periaatteelliset mitoitusohjeet. Ohjeet ovat suosituksia, sillä eri rakenteiden kantavuudet ovat erilaiset kohteesta riippuen. Luvun reikien sijoittamiseen liittyvien havainnointikuvien tekemiseen on käytetty apuna Betoniteollisuus ry:n luomia kuvaohjeita. (3, s. 4-5; 14.)

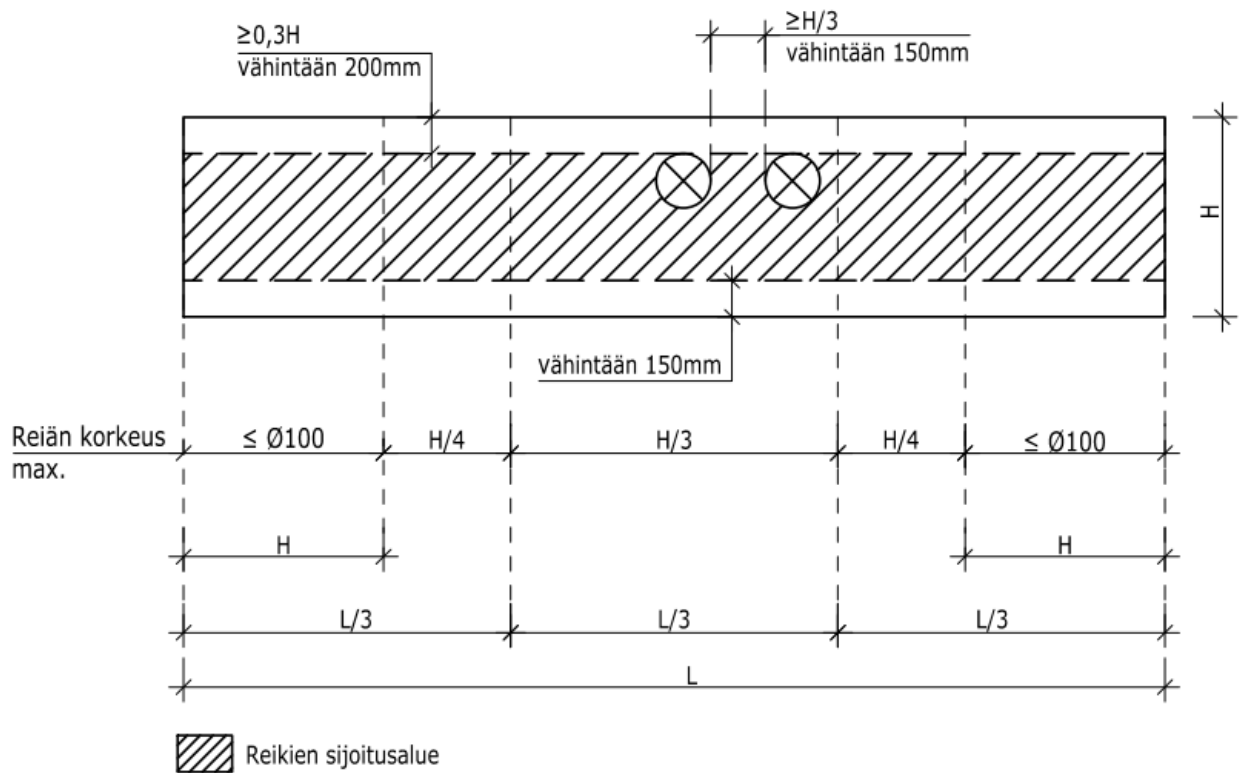
Reikäpiirustuksissa kaikkien rakenteiden reiät esitetään. Poikkeuksena ovat hormit eli tuuletus- ja ilmakeinavat, joita ei kuulu merkitä reikäpiirustuksiin. Ainoastaan paikallavlettaviin rakenteisiin tuleville rei'ille merkitään mittaviivat, jotka mitoitetaan kiinni moduli-verkkoon. (3, s. 4-5; 14.)

LVI- ja sähköreikävarauksien reikien yhdistely ja törmäystarkastelu yhteisessä työpajassa tai Big Roomissa on suositeltavaa. Suuremmat yksittäiset reiät verrattuna moneen pienen reikään on taloudellisempi vaihtoehto tietyissä rajoissa. Reikien yhdistäminen saattaa parantaa rakenteen kantavuutta ja pienentää kokonaiskustannuksia, kunhan asian suhteen ei mennä äärimmäisyyksiin. (3, s. 4-5; 14.)

#### **3.1 Vaakarakenteet**

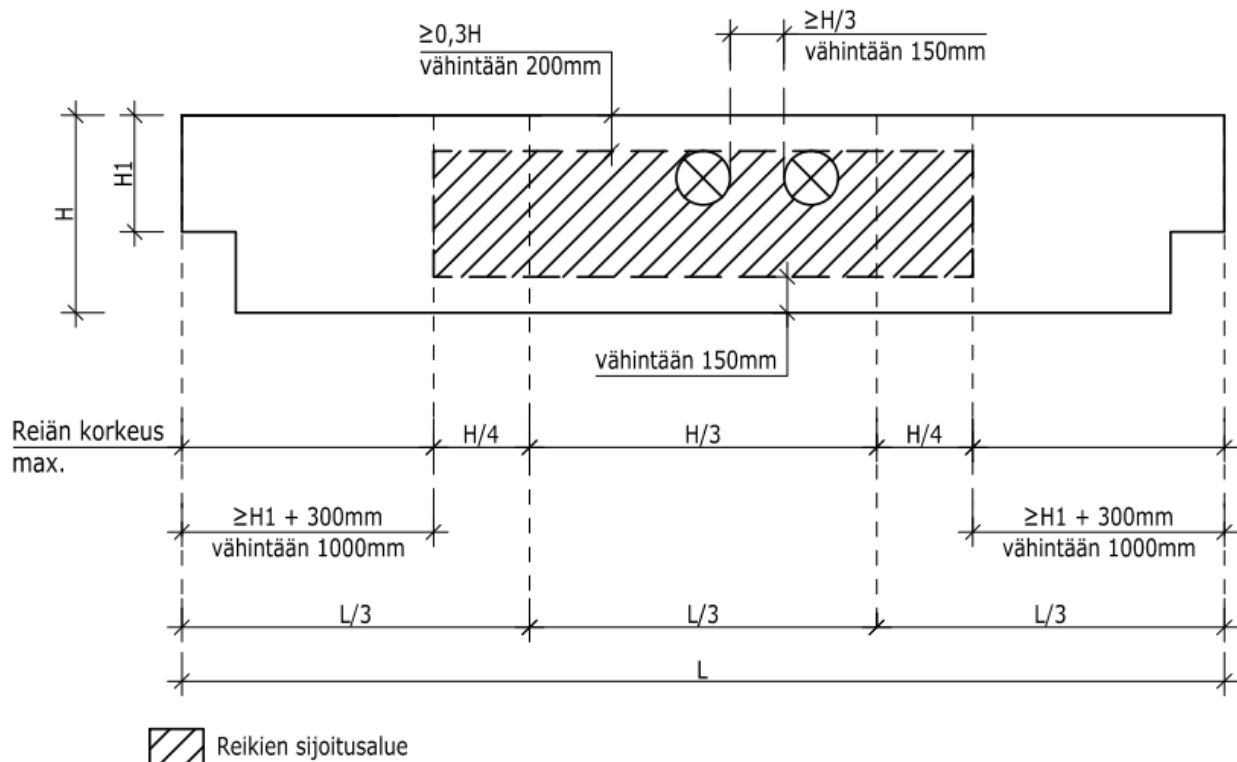
##### **3.1.1 Palkit**

Talotekniikan pakollisten läpivientien vuoksi palkkien rei'ityksiltä ei voida välttää. Puristus- ja vetopintojen vuoksi ei ole suotavaa tehdä reikiä palkkien ylä- tai alareunoihin. Reiän suositeltu maksimikorkeus riippuu siitä, mihin kohtaan palkkia reikää ollaan suunnittelemassa. Palkkirakenteille on ohjeistettu suositeltavat etäisyydet sekä ylä- että alareunasta. (Kuva 1.) (11.)



KUVA 1. Palkin periaatteellinen rei'itysohje (ks. myös lähde 11)

Jokaisen reiän vaikutus palkin kantavuuteen on selvitettävä. Päistä lovettujen palkkien päiden alueelle tulee jättää vähintään yhden metrin mittainen rei'ittämätön alue. (Kuva 2.) (11.)




KUVA 2. Päästä lovetun palkin periaatteellinen rei'itysohje (ks. myös lähde 11)

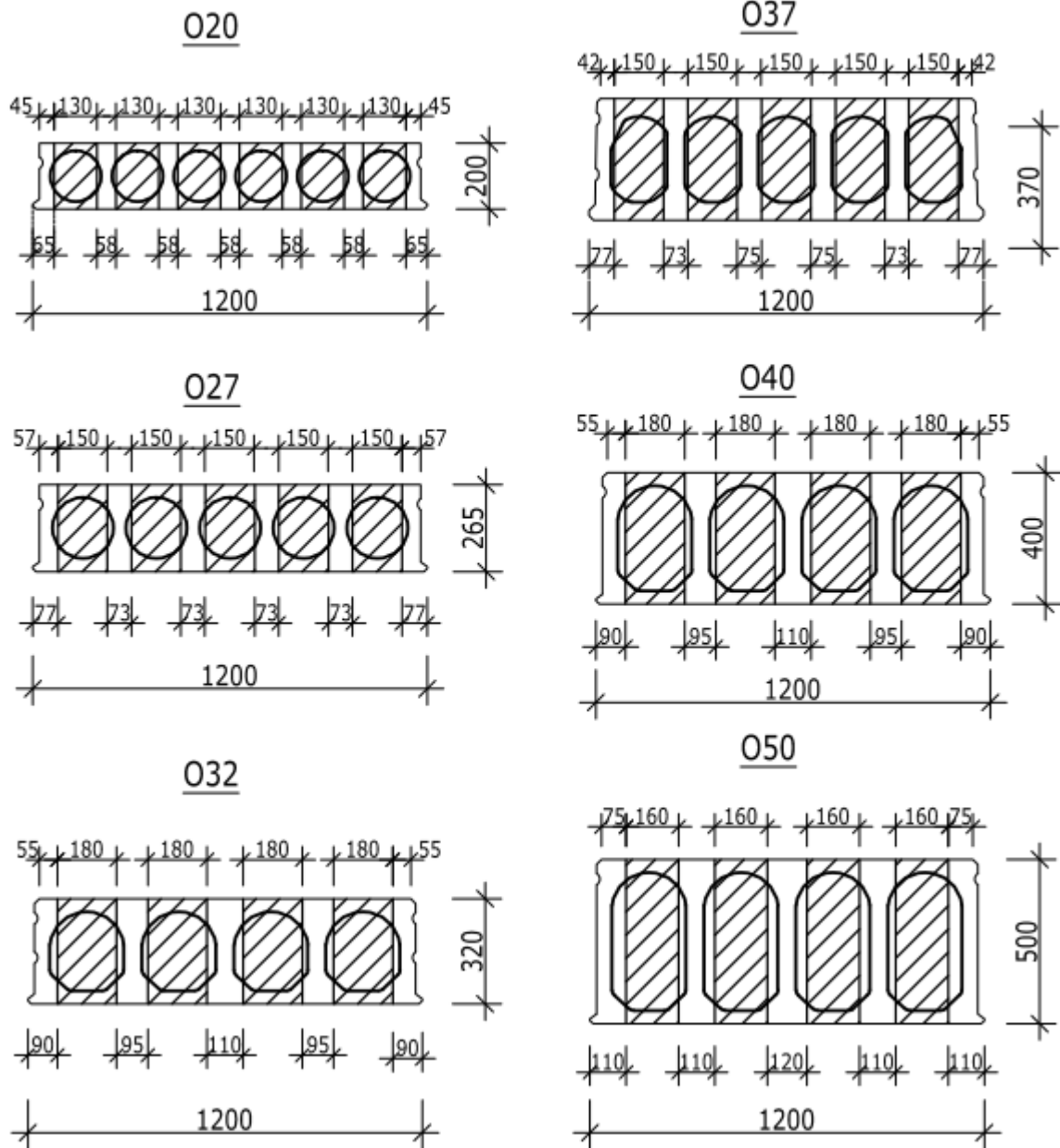
### 3.1.2 Massiivilaatat

Massiivilaatat ovat tyypillisiä paikallavalurakenteita, mutta esimerkiksi elementtikohteissa porrashuoneet tehdään yleensä laattaelementeillä. Massiivilaatalle suotuisin paikka sijoittaa reikä on laatan keskialueella. Yleisesti ottaen reiän voi kuitenkin sijoittaa mihin tahansa massiivilaattaan. (10, s.16; 12.)

### 3.1.3 Ontelolaatat

Reikien suunnittelu ontelolaattoihin on suhteellisen yksinkertaista, sillä ontelolaatan onteloiden kohdalle voidaan tehdä reikiä lähes vapaasti, kunhan kannaksia ja punoksia ei katkota. (Kuva 4.) Lisäksi reikien maksimimäärä per poikkileikkaus tulee ottaa huomioon. Ontelolaattoihin tehdään reikiä niin elementtitehtaalla kuin työmaallakin riippuen tulevan reiän koosta. Työmaalla hoidetaan yleisesti ottaen alle 150 millimetriä leveät reiät. Eri ontelolaattatyypeille mahdolliset rei'itysalueet voivat poiketa valmistajakohtaisesti, joten tarkat mitat on varmistettava kyseessä olevan valmistajan ohjeista. (13; 14.)

 Sallittu reiän sijoitusalue

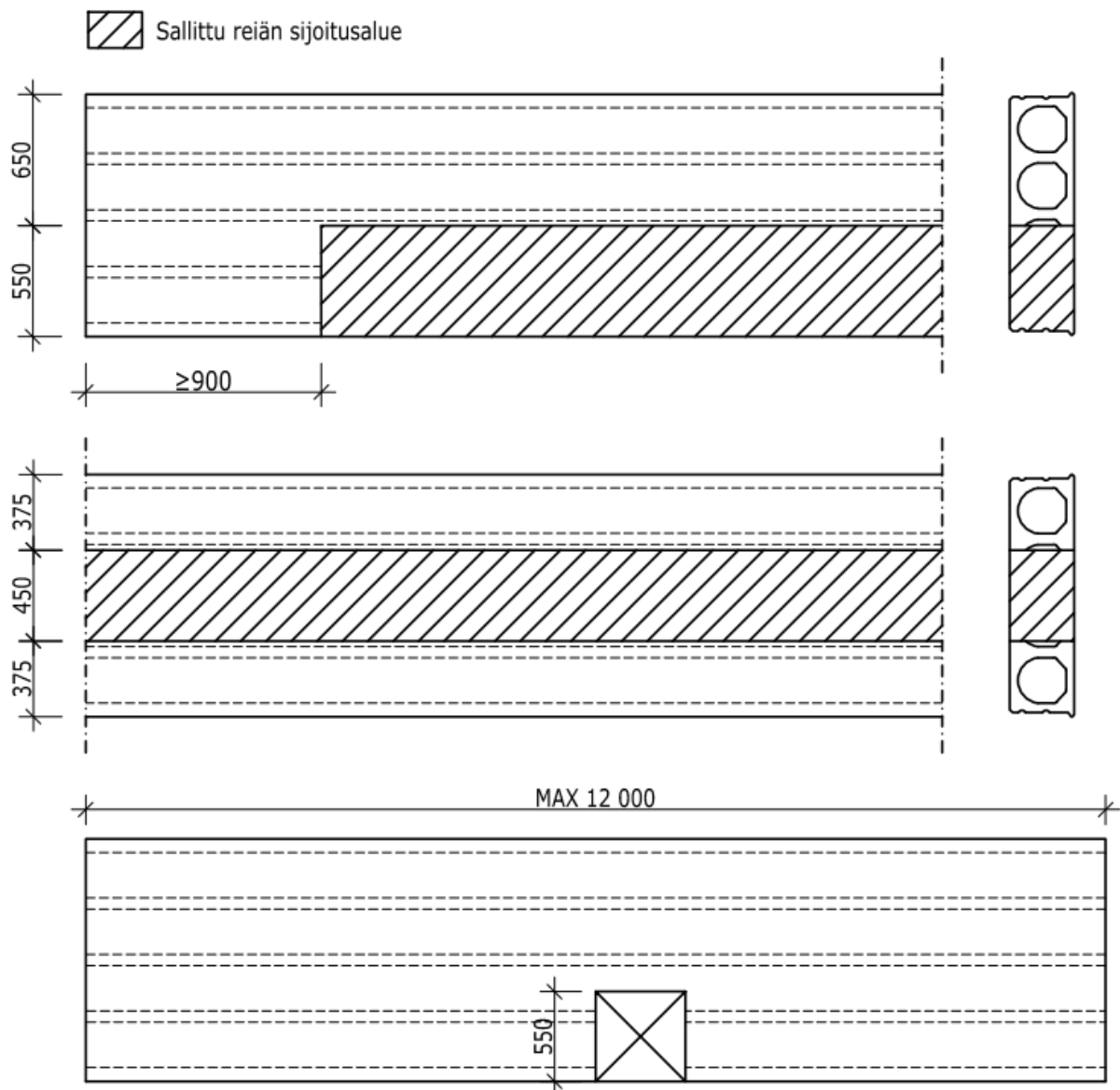


KUVA 3. Pienten reikien sallitut koot onteloiden kohdalla (ks. myös lähteet 13,19)

Yli 800 millimetrinen aukko toteutetaan usein katkaisemalla laatta ja käyttämällä aukon reunassa teräsbetonista jälkivalupalkkia tai teräksistä ontelolaattakannaketta. Reunapalkki jäykistää laataston poikkisuunnassa. (13.)

## Nelionteloiset ontelolaatat

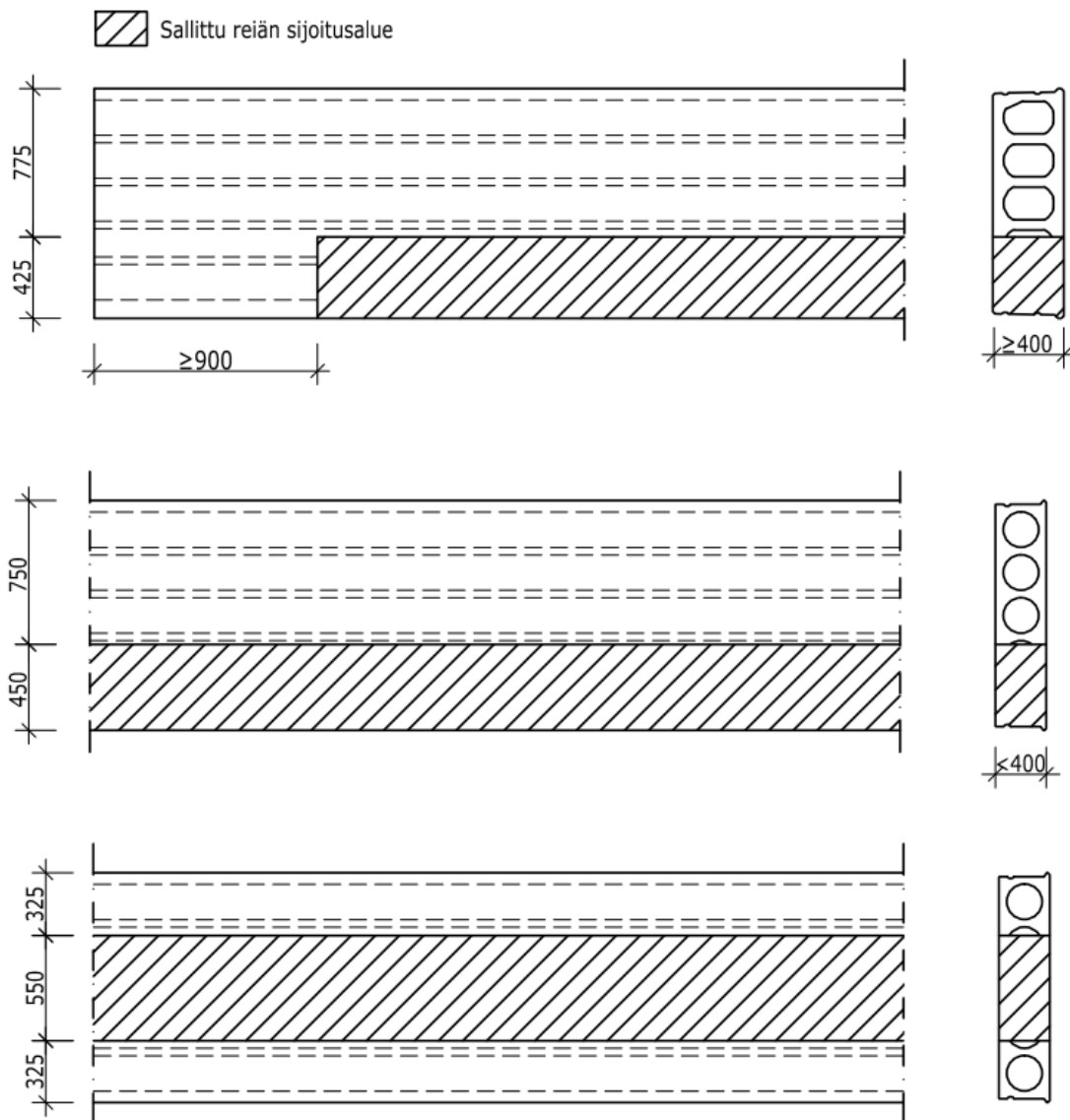
Täysleveässä nelionteloisessa ontelolaatassa on oltava vähintään kaksi kokonaan ehjää uumaa. Ontelolaatan päähän tulee jättää vähintään 900 millimetrin rei'ittämätön alue laatan reunoille. Laatan reunaan voi tehdä korkeintaan 550 millimetriä leveän reiän ja laatan keskelle 450 millimetriä leveän reiän. Jos laatan reunaan tehdään reikä, joka katkaisee kaksi uumaa, saa laatan pituus tällöin olla korkeintaan 12 000 millimetriä. (Kuva 4.) (17, s.8-11.)



KUVA 4. Nelionteloisen ontelolaattojen periaatteelliset rei'itysohjeet (ks. myös lähde 17, s. 8,10)

## Viisienteloiset ontelolaatat

Viisienteloisessa laatussa tulisi kulkea vähintään kaksi ehjää uumaa laatan päästä päähän. Ontelolaatan päähän tulee jättää vähintään 900 millimetrin rei'ittämätön alue. Laataan on mahdollista tehdä keskelle 550 millimetriä leveän reiän, kunhan molemmilla puolilla reikää kulkee kaksi uumaa. Laatan paksuuden ollessa yli 400 millimetriä, sen reunaan saa tehdä korkeintaan 425 millimetriä leveän reiän. Kun laatan paksuus on alle 400 millimetriä, laatan reunaan voi tehdä maksimissaan 450 millimetriä leveän reiän. (Kuva 5.) (17, s. 12-14.)



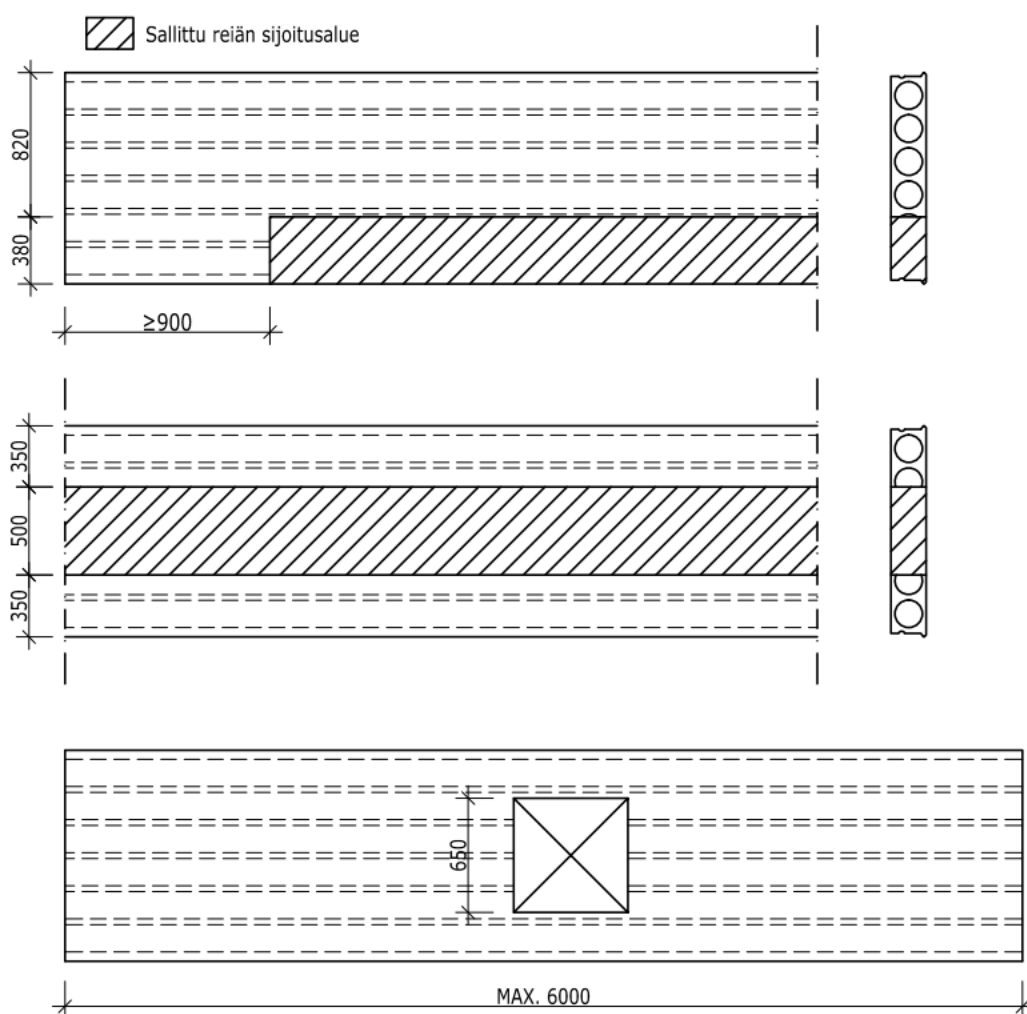
KUVA 5. Viisienteloisen ontelolaattojen periaatteelliset rei'itysohjeet (ks. myös lähde 17, s.12)



## Kuusionteloiset ontelolaatat

Kuusionteloisessa ontelolaatassa täytyy olla vähintään kolme ehjää uumaa koko laatan pituudelta. Ontelolaatan päihin tulee jättää vähintään 900 millimetriä rei'ittämätöntä aluetta laatan reunoille. (17, s.15-17.)

Kuusionteloisen ontelolaatan reunaan voi tehdä korkeintaan 380 millimetriä leveän reiän. Laatan keskelle voidaan tehdä korkeintaan 500 millimetriä leveä reikä. Laatan keskelle kuitenkin on mahdollista tehdä korkeintaan 650 millimetriä leveän reiän, kunhan reiän molemmin puolin kulkee vähintään kaksi ehjää uumaa koko laattaa pitkin. Tällöin laatan maksimipituus on 6 metriä. (Kuva 6.) (17, s.15-17.)



KUVA 6. Kuusionteloisen ontelolaatan periaatteelliset rei'itysohjeet (ks. myös lähde 17, s.15)

Tarkempia ontelolaattojen reikiä koskevia ohjeita löytyy Betoniteollisuus ry:n julkaisemasta Ontelolaattojen suunnitteluohjeesta. Ohjeessa käsitellään edellä esitetyn tiedon lisäksi muun muassa useamman reiän sijoittamista ontelolaattoihin.

### **3.2 Pystyrakenteet**

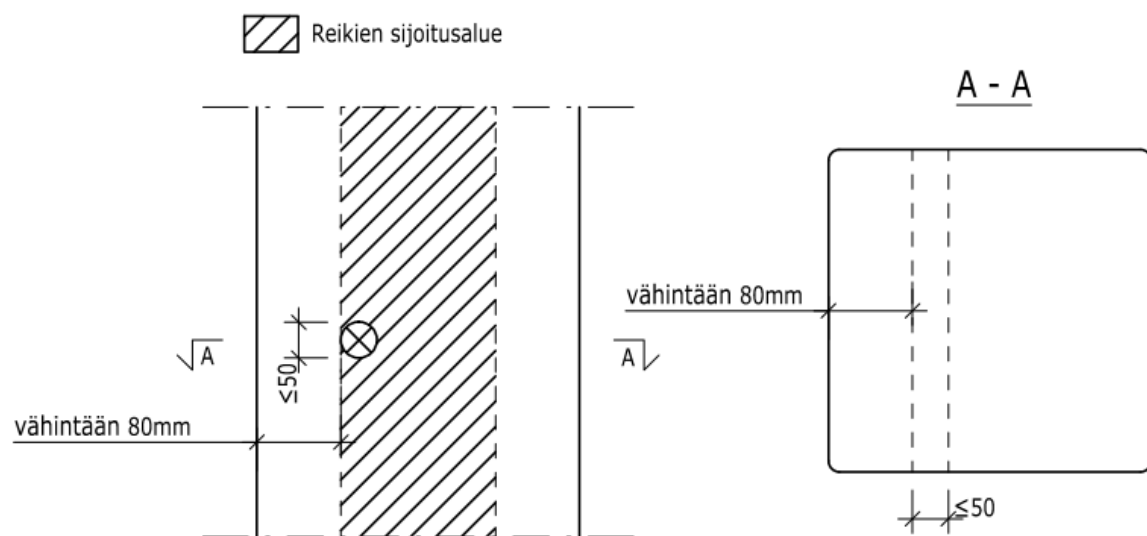
#### **3.2.1 Seinät**

Seinät ovat pääasiallisesti vähän raudoitettuja etenkin asuntorakentamisessa, minkä vuoksi reikien tekemisessä ei juurikaan ole ongelmia. Kuitenkin esimerkiksi seinien yläreunoissa ontelolaatan tuennat reiän kohdalla tuottavat haasteita. Jos reikiä lisätään seinärakenteeseen, tällöin useimmiten myös raudoitusta joudutaan lisäämään. (3, s.11-12; 14.)

#### **3.2.2 Pilarit**

Reikä pilarissa vaikuttaa merkittävästi pilarin kuormituskapasiteettiin, minkä vuoksi pilareihin ei mielellään suunnitella reikiä. Pilareihin ei juurikaan tule reikävarauksia, mutta niitä aiheuttaa silloin tällöin rengasterästen tai lämpöjohtojen ja sähkökaapeleiden läpiviennit. (15.)

Kun pilariin sijoitetaan reikiä, tulee ottaa huomioon pääterästen tarvitsema tila, mikä tarkoittaa, että reunaetäisyyden on oltava tällöin vähintään 80 millimetriä. Reikä saa kooltaan olla maksimissaan 50 millimetriä. (Kuva 7.) (15.)



KUVA 7. Pilarin periaatteellinen rei'itysohje (ks. myös lähde 15)

## 4 REIKÄKIERTOPROSESSI

Koska reikäsuunnittelun toimintatavat voivat vaihdella projektista riippuen, tulee vastuualueet määritellä jokaisen hankkeen alussa rakenne- ja talotekniikkasuunnittelun kesken. Reikävaraukset on huomioitava koko suunnitteluprosessin ajan, sillä reikävaraussuunnittelu on ehdotussuunnittelusta toteutussuunnitteluun saakka olennainen osa suunnitteluprosessia. Jos tekotavaksi valitaan perinteinen reikäsuunnittelu, tulee 2D-reikäpiirustusdokumenttien laatija selvittää suunnittelusopimuksia tehtäessä. Perinteistä reikäsuunnittelua käytetään nykyään pääasiassa korjausrakentamisessa. Tietomallinnuksen avulla toteutetussa projektissa tulee projektin osapuolien kesken määrittää, kuka mallintaa mitäkin ja millä tarkkuudella mallit suunnitellaan eri vaiheissa. Myös piirustusten tekotavasta täytyy sopia. (7; 9, s.11.)

### 4.1 Reikäkiertoprosessin kuvaus

Ehdotussuunnitteluvaiheessa olisi suotavaa käydä keskustelu kaikkien suunnittelualojen kesken isoimmista läpivienneistä ja niiden alustavista reiteistä. Näin ollen mahdollisilta suurimmilta muutoksilta säästytään. (9, s. 11.)

Yleissuunnitteluvaiheessa kaikki projektiin osallistuvat suunnittelualat osallistuvat yhteiseen palaveriin, jossa rakennesuunnittelualan osaajat esittelevät projektiin liittyvät erikoispiirteet ja vaihtoehdot runkorakenteille. Esiteltäviin asioihin kuuluvat esimerkiksi suojatäisyydet pilareista, palkeista sekä seinien ylä- tai alareunoista. Talotekniikan reititysten ja rakennemallien yhteensovitus tehdään Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -ohjeituksen mukaisesti. (9, s. 11.)

Yleissuunnittelun jälkeen tapahtuvan toteutussuunnittelun tavoitteena on, että rakennesuunnittelija saisi reikävarausehdotukset talotekniikkasuunnittelijoilta kommentoitavakseen. Tärkeintä toteutussuunnittelussa on peruserroksen suunnittelu, mikä tarkoittaa yhden kerroksen reikien hiomista yhdessä paikoilleen, minkä jälkeen voidaan jatkaa muiden kerrosten reikäsuunnitteluun. Materiaalin tulisi sisältää kaikkien muiden suunnittelualojen mallinnetut reikävaraustarpeet. Toteutussuunnitteluvaiheessa talotekniikkasuunnittelijoiden vastuulla on reikävarauksien ohjeiden mukaiset paikka- ja tietosisällöt sekä reikien kokojen paikkansapitävyys. LVI- ja sähkösuunnittelijat tekevät reikävarausehdotukset ra-

kennesuunnittelijalle, jotta hän voi tarkistaa ehdotusten toimivuuden kyseisen rakennuksen kannalta. Toteutussuunnitteluvaiheessa yhteistyön merkitys korostuu. (Kuva 8.) (9, s. 11.)



KUVA 8. Reikäkierron prosessikaavio (ks. myös lähde 9, s.11)

#### 4.2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

Rakennustietosäätiön julkaiseman Yleiset tietomallivaatimukset 2012 –ohjeen tarkoituksena on ohjeistaa suunnittelijoita rakennushankkeen eri vaiheiden mallintamiseen liittyvissä asioissa. Tällaiset vaatimukset on toteutettu, koska ne on koettu tarpeelliseksi tietomallinnuksen käytön nopean lisääntymisen vuoksi. Toimintatapoja YTV 2012 -vaatimukset eivät ohjeista, sillä jokaisella yrityksellä on hieman poikkeavat ohjeistukset itse prosessiin.

Vaatimukset perustuvat tilaajaorganisaatioiden aikaisempiin ohjeisiin sekä käyttäjäkokemuksiin. Vaatimukset sisältävät kolme toisistaan hieman poikkeavaa vaihtoehtoa toteuttaa reikävaraussuunnittelu. Tarkemmat tiedot YTV 2012 -ohjeistuksen vaihtoehtoista ovat liitteessä 2. (19, s.2,16-17.)

## 5 REIKÄKIERTOPROSESSIN KEHITYSTARPEET JA -IDEAT

Reikäkiertoprosessi on koettu Ramboll Finland Oy:n talotekniikkasuunnittelijoiden haastattelun perusteella yleisesti ottaen työlääksi, sillä siinä on paljon muuttujia ja sen informaatiokulussa on hieman puutteita. Keskittymällä oikeisiin asioihin reikäsuunnittelusta voidaan saada aikaan vaivaton ja toimiva prosessi. Luvuissa 5.1 – 5.3 esitellään haastatteluissa ilmi tulleet suurimmat ongelmakohdat ja mahdolliset ratkaisut niihin. (1.)

### 5.1 Viestintä ja yhteistyö

Käydystä asiantuntijoiden haastattelusta voidaan päätellä, kuinka suuri merkitys kommunikoinnilla on reikäsuunnittelussa. Jokaisella yrityksellä on erilaiset vaatimukset reikäsuunnittelussa, joten erilaisten toimintamallien yhteensovittaminen voi olla haastavaa. Tämän vuoksi suunnittelualojen väliset projektikohtaiset palaverit ovat hyvin olennaisia reikäkierrossa jo sen alkuvaiheissa.

Haastatteluissa kävi ilmi, että vaikka sähköpostiviestien lähettäminen on helppoa ja nopeaa, ei sähköpostin välityksellä käyty viestintä ole kovin tehokasta reikäsuunnittelun kannalta. Reikäkiertoon liittyviä asioita voi olla hankala selittää sähköpostin välityksellä ja näin ollen väärinymmärryksiä saattaa tapahtua. Talotekniikkasuunnittelijoiden mukaan sähköpostia tulee muutenkin paljon, minkä vuoksi tietyn informaation löytäminen suuren sähköpostitulvan keskeltä voi olla hankalaa ja aikaa vievää. Haastattelun perusteella sähköpostiviestit voivat olla epäselviä ja osa oleellisista informaatioista saattaa hukkua muiden sähköpostiviestien sekaan. Parempia keinoja olisivat esimerkiksi työpajat sekä lyhyet Skype-palaverit, joissa käytäisiin läpi sen hetkiset ongelmakohdat. Viestintää voisi helpottaa myös tehtävänhallintaohjelmalla.

Jotta reikäkierron aikana tapahtuva viestintä olisi mutkattomampaa, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoiden tulisi käydä yhdessä alustava keskustelu siitä, mihin reikävarauksia sopii tehdä. Talotekniikkasuunnittelijoiden haastattelussa todettiin, että rakennesuunnittelija pystyy helpottamaan huomattavasti LVI-suunnittelijan työtä, kun ilmoittaa jo alkuvaiheessa, mihin rakenteisiin ei ainakaan ole mahdollista suunnitella reikiä. Samassa yhteydessä talotekniikan isoimpien läpivientien reitit tulisi käydä läpi yhdessä, sillä niiden paikkaa on työlästä siirtää jälkikäteen. Siksi ensimmäisenä tulisi tehdä mallihuoneen tai

yhden kerroksen reikäsuunnittelu. Reikäsuunnittelussa on monta muuttujaa ja suunnittelualat eivät tunne toistensa aloja riittävän hyvin, minkä vuoksi asioiden läpikäyminen fyysisesti samassa tilassa olisi tarpeellista. Reikäkierron lopuksi olisi tarpeellista pitää yhteinen kokous, jossa paikalla olisivat kaikki projektiin osallistuneet osapuolet. Joskus reikäkierto tehdään myös lohko tai kerros kerrallaan, jolloin projektia tulisi tarkastella yhdessä vaiheittain. Kokouksessa tulisi käydä läpi yhdessä kaikki tehdyt reikävaraukset, jolloin reikävaraukset menisivät varmasti yhdellä kerralla juuri niin kuin oli tarkoitus. Lisäksi lukuisilta sähköpostikeskusteluilta välttyttäisiin.

Ongelmana ei ole ainoastaan rakenne- ja talotekniikkasuunnittelun välinen kommunikoinnin kömpelyys. Talotekniikkasuunnittelijoiden haastattelun perusteella LVI- ja sähkövarauksissa on koettu päällekkäisyyksiä, minkä vuoksi myös LVI- ja sähkösuunnittelijoiden välinen kommunikointi olisi tärkeää ottaa jatkossa paremmin huomioon. (1.)

## **5.2 Aikataulut**

Rakennusalailla aikatauluttaminen tuntuu aina olevan vaikeaa, minkä huomaa myös reikäsuunnitteluprosessissa. Aikataulussa pysyminen on kiireen keskellä haastavaa, mutta siihen pitäisi kiinnittää huomiota. Aikatauluun on oleellista sitouttaa myös esimerkiksi tilaaja, urakoitsija, käyttäjä ja hankinnat. Haastateltujen talotekniikkasuunnittelijoiden mukaan kirjallista, suunniteltua aikataulua ei tehdä reikäkiertoprosessin yhteydessä, minkä vuoksi aikataulussa on mahdotonta pysyä. Aikaisin asetetut aikarajat toimivat paremmin, sillä jos aikarajaa ei ole asetettu, siinä on mahdotonta pysyä. Varsinkin reikäsuunnittelussa aikataulun noudattaminen on tärkeää. Kun aikataulussa ei pysytä, talotekniikkasuunnittelijat joutuvat lähettämään keskeneräisiä reikävarauksia eteenpäin, mistä ei ole rakennesuunnittelijalle eikä koko projektille mitään hyötyä, sillä varauksia joutuu usein korjailemaan ja ne saattavat vielä muuttua. Lisäksi keskeneräisten varausten lähettäminen tekee reikäpiirustusten piirtämisestä haastavampaa.

Aikatauluista tulisi sopia yhdessä projektin osanottajien kesken, jotta siinä pysyminen onnistuisi. Jokainen osaa arvioida oman suunnittelualan ajankäytön parhaiten, minkä vuoksi reikäkiertoprosessia varten tehty kirjallinen, suunniteltu aikataulu olisi hyödyllistä toteuttaa. On kuitenkin haastavaa esittää ja ottaa huomioon sidonnaisuudet suunnittelualojen sekä hankintojen välillä. (1; 14.)

### 5.3 Ohjelmistojen kehittäminen

Talotekniikkasuunnittelijoiden haastattelun yhteydessä esille nousi myös uusia kehitysehdotuksia käytössä oleviin mallinnusohjelmistoihin. Muutokset auttaisivat reikäkierron kulkua ja helpottaisivat talotekniikkasuunnitteluun kuuluvaa työtä. Reikäkiertoprosessia edesauttaisi talotekniikkasuunnittelijoiden mukaan esimerkiksi rakenteiden merkitseminen värikoodeilla niin, että sellaiset rakenteet, joihin reikävarauksia ei voida tehdä, pystyttäisiin merkitsemään. Yleispätevien ohjeiden antaminen on kuitenkin vaikeaa, sillä rakenteita joudutaan tutkimaan usein tapauskohtaisesti.

Värikoodaus ei tällä hetkellä tietomallinnuksessa ole mahdollista, sillä tietomallinnusohjelmistoissa ei ainakaan vielä tällaista ominaisuutta ole. Värikoodauksen sijasta olisi mahdollista lisätä malliin objekteja, joiden avulla selviäisivät rakenteet tai alueet, joihin reikiä on turvallista tehdä tai joihin reikiä ei voi tehdä ollenkaan. Tällaisen tekeminen saattaa kuitenkin viedä rakennesuunnittelijan työaikaa turhan paljon. Loppujen lopuksi värikoodaus tuottaisi vain ylimääräisen vaiheen prosessiin eikä edesauttaisi reikäkierron kulkua, sillä palaveri suunnitelmien yhteensovituksesta jouduttaisiin joka tapauksessa pitämään. (1; 14.)



## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä perehdyttiin betonirakenteiden uudiskohteiden reikäsuunnitteluun ja reikäkierron toimivuuden parantamiseen. Opinnäytetyön ohessa laadittiin talotekniikkasuunnittelijoiden käyttöön betonirakenteiden reikäsuunnitteluohje, joka sisältää erilaisten rakenteiden reikien periaatteelliset mitoitusohjeet. Opinnäytetyössä laadittu suunnitteluohje, joka on liitteenä 3, tullaan ottamaan yrityksen käyttöön Ramboll Finland Oy:n Kiinteistöt & rakentaminen -suunnittelualalle.

Reikäkierrosta saadaan toimiva prosessi, kunhan arkkitehtisuunnitelmat, rakenteet ja talotekniset järjestelmät on sovitettu hyvin yhteen. Se onnistuu hyvällä yhteistyöllä ja mallien yhteensovittamisella riittävälle tarkkuudelle jo riittävän aikaisessa vaiheessa. Reikäkiertoprosessista on mahdollista saada entistä edistyneempi, jos mallinnusohjelmistoja saadaan kehitettyä eteenpäin.

Opinnäytetyön yhteydessä jatkokehitystarpeeksi havainnoitui paikallavalettavien välipohjien halkeilemisen hallinnointi, joka liittyy olennaisesti reikäkiertoprosessiin, sillä reiät vaikuttavat merkittävästi rakenteiden halkeilemiseen. Lisäksi palokatkosuunnittelun vaikutus reikäkiertoprosessiin tulisi ottaa huomioon. Palokatkosuunnittelua ei huomioitu tässä opinnäytetyössä, mutta sen tekeminen reikäkierron yhteydessä olisi järkevää, jotta reikäsuunnitelmat tulisivat myös palokatkojen osalta valmiiksi. Palokatkosuunnittelu kulkee käsi kädessä talotekniikkasuunnittelun kanssa, minkä vuoksi niiden tarkastelu yhtäaikaaisesti on suositeltavaa. Koska aikataulutukseen tulee jatkossa kiinnittää enemmän huomiota, olisi jatkokehityksen kannalta järkevää suunnitella malli reikäkierron aikataulusta, joka on linkitetty prosessikaavion kanssa yhteen.

## LÄHTEET

1. Kannisto, Eero – Vihavainen, Jussi 2018. Projektipäälliköt. Ramboll Finland Oy, Oulu. Ryhmähaastattelu 22.2.2018.
2. Tietoa Rambollista. Ramboll Finland Oy 2018. Saatavissa: [http://www.ramboll.fi/ramboll\\_finland\\_oy](http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy). Hakupäivä 8.2.2018.
3. Varpio, Tuukka 2017. Tietomallipohjainen reikäkierto uudisrakennushankkeessa. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125922/Varpio\\_Tuukka.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125922/Varpio_Tuukka.pdf?sequence=1). Hakupäivä 7.3.2018.
4. Mallintava suunnittelu. Betoniteollisuus ry, Elementtisuunnittelu.fi -verkkosivut. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/suunnitteluprosessi/mallintava-suunnittelu>. Hakupäivä 7.3.2018.
5. RT 10-11109. 2013. Arkkitehtisuunnittelun tehtäväluettelo ARK12. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411109%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-108886/11109.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 7.3.2018.
6. RT-kortti RT 10-11128. 2013. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK12. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411128%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-109263/11128.pdf> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 7.3.2018.

7. RT-kortti RT 10-11290. 2013. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12. Rakennustieto Oy. Saatavissa: [https://www.rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411290%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statis-tics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pziY%3AC1-113413/11290.pdf](https://www.rakennustieto.fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411290%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statis-tics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pziY%3AC1-113413/11290.pdf) (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 7.3.2018.
8. Dahlström, Jonas 2015. Reikäpiirustuksien suunnitteluohje LVIS-suunnittelijan näkökulmasta. Opinnäytetyö. Helsinki: Ammattikorkeakoulu Arcada, Hajautetut Energiajärjestelmät -koulutusohjelma. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96343/Dahlstrom\\_Jonas.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96343/Dahlstrom_Jonas.pdf?sequence=1). Hakupäivä 7.3.2018.
9. YTV2012 Täydentävä liite Talotekniikan mallinnusvaatimuksia. 2012. Talotekninen suunnittelu. Talotekniikan vaatimuksia mallinnukselle. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012\\_Taydentava\\_liite\\_SKOL\\_TATE\\_mallinnusvaatimuksia.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_SKOL_TATE_mallinnusvaatimuksia.pdf). Hakupäivä 7.3.2018.
10. Siitonen, Markus 2015. Porrasaukollisen massiivilaatan mitoitus. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103277/Siitonen\\_Markus.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103277/Siitonen_Markus.pdf?sequence=1). Hakupäivä 12.3.2018.
11. Betonipalkkien rei'itysohjeet. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/palkit/betonipalkkien-reiitysohjeet>. Hakupäivä 13.3.2018.
12. Massiivilaatat. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/massiivilaatat>. Hakupäivä 13.3.2018.
13. Ontelolaatat. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>. Hakupäivä 13.3.2018.
14. Yli-Sikkilä, Mika 2018. Re: Opinnäytetyön luonnos. Ramboll Finland Oy. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Marianna Meriläinen. 20.3.2018.

15. Pilarit, rei'itysohjeet. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/pilarit/reiitysohjeet>. Hakupäivä 13.3.2018.
16. Osa 5 Rakennesuunnittelu. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Finnmap Consulting Oy Tero Kautto. Saatavissa: [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012\\_osa\\_5\\_rak.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_5_rak.pdf). Hakupäivä 9.4.2018.
17. Ontelolaatosten suunnitteluohje. Betoniteollisuus ry. 2012. Saatavissa: [http://www.parma.fi/images/files/downloads/Ontelolaatosten suunnitteluohje.pdf](http://www.parma.fi/images/files/downloads/Ontelolaatosten_suunnitteluohje.pdf). Hakupäivä 22.3.2018
18. TT-laatat. Betoniteollisuus ry. 2012. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/tt-laatat>. Hakupäivä 9.4.2018.
19. Karjalainen, Jari 2018. Re: Ontelolaattojen rei'itysohje. Ramboll Finland Oy. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Marianna Meriläinen. 3.5.2018.

- Koulutus, työtehtävät, titteli, työkokemus?
- Mistä tällä hetkellä katsotaan ohjeita reikäsuunnitteluun?
- Onko toistuvia samoja tilanteita reikäsuunnittelussa, joita joutuu usein muuttamaan?
- Minkälaisissa tilanteissa on havaittu ongelmia?
- Onko joissakin tietyissä rakenteissa hankaluuksia?
- Joudutaanko reikäehdotuksia yleensä muuttamaan paljon?
- Onko Rambollin sisäisissä ohjeissa eroavaisuuksia verrattuna muiden yritysten lähettämiin ohjeisiin?
- Ajatuksia itse reikäkiertoprosessista?
- Mikä voisi kannustaa parempaan yhteistyöhön reikäkierron osalta yrityksen sisällä?
- Onko reikäkierron mukana lähetetty ohje tällä hetkellä selkeä? Miten sitä voitaisiin kehittää?
- Esimerkkitapaus, josta näkisi reikäkierron kulun? (ehdotetut reikävaraukset, sähköpostit, joissa kommentteja reikävarauksista ja mitä joudutaan muuttamaan jne.)

**”Ohje**

Tietomallipohjaista reikä- ja varaussuunnittelua voidaan hyödyntää erilaisin tavoin 2D-reikäpiirustuksien teossa.

Näitä toimintatapoja tai niiden variaatiota voidaan harkita käytettäväksi kun kohteessa tarvitaan 2D-reikäpiirustuksia. Kaikissa toimintatavoissa lähtökohdana on kohdan 5.4.1 mukainen toiminta.

**Vaihtoehto 1**

- Rakennesuunnittelija toimittaa TATE:lle 2D- ja 3D-reikäpiirustusohjat.
- TATE käyttää tekemiään reikävarausobjekteja hyödyksi ja tekee niiden perusteella 2D-reikäpiirustuksen, sisältäen mittaviivat.
- Reikävaraukset mitoitetaan ensisijaisesti moduliverkkoon tai toisena vaihtoehtona saneerauskohteissa olemassa oleviin rakenteisiin.
- 2D-reikävaraustiedostot toimitetaan rakennesuunnittelijalle.
- Rakennesuunnittelija tekee tulosteet ja toimittaa reikäkuvat jakeluun.

**Vaihtoehto 2**

- Rakennesuunnittelija toimittaa TATE:lle 3D-reikäpiirustusohjat, kerroskohtaisena, absoluutisessa korkeusasemassa.
- TATE tekee reikävarausobjektit toimitetun mallin korkeusasemaan sekä toimittaa tekemänsä reikävarausobjektit rakennesuunnittelijalle IFC-formaattisena.
- Rakennesuunnittelija tekee TATE:n toimittamien reikävarausobjektien perusteella 2D-reikäpiirustukset mittaviivoilla ja mitoituksilla varustettuna sekä tulostaa ja toimittaa ne jakeluun.

**Vaihtoehto 3:**

- Rakennesuunnittelija toimittaa TATE:lle 3D-reikäpiirustusohjat, kerroskohtaisena, absoluutisessa korossa.
- TATE tekee reikävarausobjektit toimitetun mallin korkeusasemaan sekä toimittaa tekemänsä reikävarausobjektit rakennesuunnittelijalle IFC-formaattisena.
- Rakennesuunnittelija tekee 2D-reikäkuvapohjat, joissa näkyvät TATE:n toimittamat reikävaraukset.
- Rakennesuunnittelija laittaa kuviin reikävarausten tietojen mittaviivan (esim. ”IU, 300x200, KP=+25.3”). Tämä tieto on otettu TATE:n toimittamista reikävarausobjekteista.
- Rakennesuunnittelija tekee tähän 2D –kuvaan mitoitusviivatason eri suunnittelualoille sillä värillä, jolla he haluavat mitoitusviivat tulostuvan (=viivan paksuus mustavalkotulosteeessa).
- Rakennesuunnittelija toimittaa 2D-reikäkuvapohjat TATE:lle.
- TATE – tekee mitoitusviivat rakennesuunnittelijan tekemälle tasolle käyttäen CAD-ohjelmiston normaaleja mittaviivatyökaluja.
- Reikävaraukset mitoitetaan ensisijaisesti moduliverkkoon tai toisena vaihtoehtona saneerauskohteissa olemassa oleviin rakenteisiin.
- Mittaviivoilla varustetut 2D-reikävaraustiedostot toimitetaan rakennesuunnittelijalle.
- Rakennesuunnittelija tekee tulosteet ja toimittaa reikäkuvat jakeluun.”